

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Technologický postup svařování výložníku jeřábu

## Welding procedure of Crane Boom

Student:

Karel Vyhlídal

Vedoucí bakalářské práce:

Ing Vladislav Ochodek

## Zadání bakalářské práce

Student: **Karel Vyhlídal**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Technologický postup svařování výložníku jeřábu**  
**Welding Procedure of Crane Boom**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu výroby výložníků jeřábů.
2. Charakterizujte použité materiály a technologie.
3. Proveďte návrh racionalizace výroby výložníků.
4. Proveďte diskusi dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:


ASM. Handbook vol. 6, *Welding, Brazing, Soldering*. ASM 2001.  
AMBROŽ, O. *Technologie svařování*. 1. vyd. Ostrava: ZERROSS, 2005.  
FOLDÝNA, V. a kol. *Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 1. vyd. Ostrava: ZERROSS, 1999, ISBN 80-85771-63-2.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladislav Ochodek**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.  
vedoucí katedry

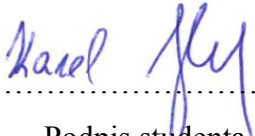


  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

#### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

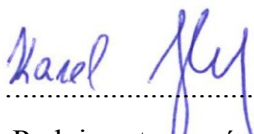
V Ostravě dne 21. května 2018

  
.....  
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude – li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB – TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018

  
.....  
Podpis autora práce

Adresa trvalého pobytu autora práce: Husova 779  
Kojetín

## **Anotace bakalářské práce**

VYHLÍDAL, K. *Technologický postup svařování výložníku jeřábu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018, 52 s. Vedoucí práce: Ochodek, V.

Předmětem bakalářské práce je návrh optimalizace stávající výroby výložníku jeřábu. Úvod práce se zabývá stávajícím postupem výroby jednotlivých komponentů, jejich sestavením a svařením. Vše je doplněno o hlavní parametry, tj. mechanické vlastnosti a chemické složení, základního materiálu a přídatného svařovacího materiálu pro použité metody svařování. Na úvod navazuje teoretická část, ve které jsou představeny použité svařovací technologie a jejich porovnání z hlediska rychlosti svařování, ceny svařovacího materiálu a pracnosti. Závěr práce tvoří doporučení pro použití jednotlivých svařovacích metod a je zde představen návrh časové a finanční úspory při výrobě výložníků.

## **Anotation of bachelor thesis**

VYHLÍDAL, K. *Welding Procedure of Crane Boom: Bachelor Thesis*. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2018, 52 p. Supervisor: Ochodek, V.

The aim of the bachelor thesis is optimization of existing crane boom production. The introduction of the thesis deals with the current process of production of individual components, their assembly and welding. The main parameters, i.e. the mechanical properties and chemical composition, of the basic material and of the additional welding materials for used welding methods are also described. Next part of the thesis is theoretical and deals with the introduction to the welding technologies used here and their comparison in terms of welding speed, prices of welding material and difficulty of the production. The conclusion of the thesis is recommendation for the use of individual welding methods and there is presented plan for time and money saving in boom production.

# Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	8
Úvod.....	9
1 Představení firmy Progress OK, a. s. ....	10
2 Výložník stavebního jeřábu a jeho výroba.....	11
2.1 Výroba těla táhla .....	12
2.2 Výroba koncových ok .....	16
2.3 Výroba trubkových vzpěr .....	17
2.4 Sestavení a svaření táhla .....	18
2.5 Vlastní sestavení a svaření výložníku .....	19
2.6 Kalibrace a kontrola výložníku .....	22
2.7 Tryskání .....	23
2.8 Lakování .....	24
2.9 Finální kontrola.....	25
3 Použité svařovací metody .....	26
3.1 Předpisy pro svařování.....	26
3.2 Svařování automatem pod tavidlem metoda 121 – APT .....	27
3.2.1 Charakteristika metody.....	27
3.2.2 Princip metody.....	28
3.2.3 Varianty technologií svařování automatem pod tavidlem.....	28
3.2.4 Zařízení pro svařování pod tavidlem – hlavní části.....	30
3.3 Přídavné materiály pro svařování .....	32
3.3.1 Přídavné materiály (svařovací dráty).....	32
3.3.2 Tavidla .....	33
3.4 Svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu metoda 135 – MAG .....	33
3.4.1 Charakteristika metody.....	33
3.4.2 Princip metody.....	34

3.4.3	Zařízení pro svařování metodou 135 – MAG – hlavní části .....	35
3.4.4	Ochranné plyny .....	37
4	Charakteristika použitého základního a přídavného materiálu .....	37
4.1	Charakteristika základního materiálu .....	37
4.2	Charakteristika přídavného materiálu pro metodu 135 – MAG .....	38
4.3	Charakteristika přídavného materiálu pro metodu 121 – APT .....	39
5	Použité kontrolní metody .....	40
5.1	Vizuální kontrola svarů – VT .....	41
5.2	Magnetická kontrola svarů – MT .....	41
6	Hodnocení svarů .....	42
7	Parametry mechanizovaného svařování těl táhel .....	43
7.1	Svařovací parametry pro metodu 135 .....	43
7.2	Svařovací parametry pro metodu 121 .....	44
8	Porovnání parametrů svařování těl táhel jednotlivými metodami .....	45
9	Závěr .....	48
10	Seznam použité literatury .....	51
11	Seznam příloh .....	52

## Seznam použitých značek a symbolů

A	tažnost	[%]
A <sub>5</sub>	tažnost (poměr měřené délky k průřezu)	[%]
ČSN	Česká státní norma	
DC/+	nepřímá polarita svařování	
DIN	Deutsche Industrie – Norm Německá národní norma	
I	svařovací proud	[A]
ISO	International Organization for Standardization Mezinárodní organizace pro normalizaci	
KV	vrubová houževnatost	[J]
metoda 121 – APT	automatické svařování pod tavidlem APT	
metoda 135 – MAG	Metal Active Gas Welding obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu	
MT	prášková magnetická kontrola	
NDT	Non Destructive Testing – nedestruktivní zkoušení	
PA	poloha při svařování – vodorovná shora	
PB	poloha při svařování – vodorovná šikmo shora	
pWPS	Preliminary Welding Procedure Specification předběžná specifikace postupu svařování	
R <sub>e</sub>	mez kluzu	[MPa]
R <sub>eL</sub>	dolní mez kluzu	[MPa]
R <sub>m</sub>	mez pevnosti	[MPa]
U	napětí při svařování	[V]
v	postupová rychlost při svařování	[cm/min]
VT	vizuální kontrola	
WPS	Welding Procedure Specification specifikace postup svařování	
WPQR	Welding Procedure Qualification Record protokol o kvalifikaci postupu svařování	



# Úvod

Stavební jeřáby jsou jako zdvihadí zařízení nedílnou součástí každé ať už malé či velké stavby. Jeřáb je složen z několika samostatně vyráběných, navzájem vyměnitelných částí, podle typu jeřábu. U věžových jeřábů známe hlavní části, jako jsou věž, horní otoč, výložníky s pojezdovou kočkou, protivýložník s protizávažím a napínací táhla. Veškeré tyto díly jsou vyráběny v sériích tak, aby mohly být kdykoli nahrazeny v případě jejich poškození. Výložníky různých typů se obecně liší pouze připojovacími rozměry, tzn. šířkou a výškou připojovacích částí a tomu jsou uzpůsobeny dílenské přípravky. Cílem bakalářské práce je nalezení optimalizačních procesů při výrobě výložníků pomocí rozboru stávající výroby vedoucích ke zvýšení efektivnosti výroby a redukci výrobních a mzdových nákladů.

Firma Liebherr (dále jen LBC) je přední světový výrobce stavebního stroje a jeřábů vlastních konstrukcí. Produkuje celou škálu jeřábů s ohledem na potřeby zákazníků od klasických stavebních jeřábů, přes rychlostavitelné, až po speciální jeřáby. Veškeré konstrukční řešení a provedení je výsledkem a majetkem zadávající firmy LBC, která optimalizuje a z hlediska dlouholetých zkušeností vylepšuje své výrobky s ohledem na rostoucí požadavky trhu nejen z pohledu kvantity, ale především kvality. Vstupní materiál musí být zajišťován u smluvních partnerů zadavatele s odpovídajícími materiálovými atesty, které jsou navíc zpřesňovány a doplňovány interními předpisy tak, aby výsledný efekt splňoval vysoké nároky na životnost a kvalitu výrobků. Dalším požadavkem je samozřejmě vzrůstající požadavek na samotnou kvalitu výroby, zejména na svařování. Proto musí mít veškeré dodavatelské firmy školené pracovníky v oblasti samotných svařčeských prací, kdy se na těchto pracích mohou podílet pouze svařeči s úřední zkouškou dle ČSN EN ISO 9606–1 (dříve ČSN EN 287–1), případně operátorů mechanizovaného svařování dle ČSN EN ISO 14732. Všechny svařovací postupy musí tyto pracovníci provádět pro předepsané svarové spoje dle příslušných svařovacích postupů WPS dle ČSN EN ISO 15609–1 na základě kvalifikačních certifikátů WPQR dle ČSN EN ISO 15614–1. Všechny tyto a další požadavky musí být zajištěny dle požadavků pro zajištění jakosti při tavném svařování dle ČSN EN ISO 3834–2 a provádění ocelových konstrukcí dle ČSN EN 1090–1 a ČSN EN 1090–2, což je podmínka certifikace dodavatelských subjektů.

Firma Progress OK, a.s. spolupracuje s firmou LBC mimo jiné jako dodavatel výložníků pro klasické stavební jeřáby. Pro tento charakter výroby byla ve firmě vytvořena

specializovaná pracoviště s přípravky, které jsou nutné pro přesnou a opakovanou výrobu, která je prioritní pro všechny typy výrobků tohoto druhu.

## **1 Představení firmy Progress OK, a. s.**

Firma Progress OK, a. s. vznikla jako samostatná společnost 18. listopadu 1998 ve Valašském Meziříčí, a pokračovala svým dosavadním výrobním programem na předchozí výrobu ocelových konstrukcí hal, autosalonů a technologií. V tomto období se také začala prohlubovat už rozvíjející se spolupráce s německou firmou LBC, která je známým celosvětovým dodavatelem stavebních jeřábů, započatá v roce 1991.

V roce 2003 firma Progress OK, a. s. přesídlila do Přerova a fúzovala s firmou STS Production Přerov, s r. o. s obdobným výrobním programem. Zakázková náplň zůstávala obdobná jako dosud, ale postupně začala převládat výroba dílů jeřábů pro firmu LBC. Tato náplň zaujímal až 90% objemu veškeré výroby společnosti.

K provádění svářečských prací v požadované kvalitě je firma způsobilá „Velkým svářečským oprávněním“ pro výrobu ocelových konstrukcí dle normy ČSN EN 1090 část 1 a 2 a certifikátem požadavku na jakost při tavném svařování dle ČSN ISO 3834–2, které se v pravidelných intervalech obhájí a prodlužují. Především se firma zaměřuje na ocelové konstrukce hutních a průmyslových hal nebo provozů, chemických, strojírenských, textilních, sklářských a jiných provozů, ocelové konstrukce elektráren, kotelen a spaloven, zemědělských, sportovních, kulturních a společenských objektů, ocelové konstrukce výstavních pavilonů, obchodních center, autosalonů, OK regálů a skladové OK, hangárů, benzínových čerpacích stanic.

Objem výroby v roce 2003 činil ve firmě Progress OK, a. s. 69,983 mil. Kč a o 5 let později byl navýšen téměř 7násobně, tj. 481 mil. Kč. V roce 2007 byly firmou Progress OK, a. s. rozšířeny výrobní prostory o provoz v Kojetíně a celkově dosáhl počet pracovníků na 164 kmenových zaměstnanců. V této době byla produkce jen u výložníků v průměru 120 kusů za měsíc.

Zásluhou hospodářské krize, byla firma Progress OK, a. s. nucena snižovat stav zaměstnanců a hledat úspory pro přežití, včetně opuštění provozu v Kojetíně. Toto těžké období bylo nakonec překonáno i s pomocí firmy LBC a v současné době činí objem výroby pro tuto firmu 98% s 80 kmenovými zaměstnanci. V současné době činí produkce výložníků asi 70 kusů měsíčně.

Z porovnání produkce výložníků před hospodářskou krizí a po krizi je patrný pokles, který byl zapříčiněn nuceným poklesem stavu výrobních dělníků a následným opuštěním nevyužitých provozů. V současné době je snaha o zvyšování produkce ze strany zákazníka, kterou se firma snaží řešit jak formou kooperací se spřízněnými firmami, tak nábořem a kvalifikováním výrobních pracovníků, což je v současné době velký problém.<sup>1</sup>

## 2 Výložník stavebního jeřábu a jeho výroba

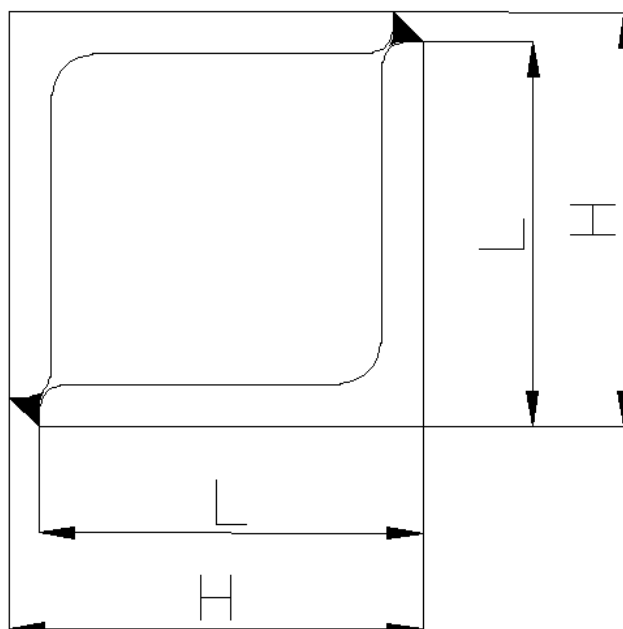
Výložník je nosná část stavebního jeřábu, po které jezdí kočka jeřábu s břemenem. Jednotlivé výložníky je možno spojovat za sebe a upravovat tak dosah jeřábu s ohledem na jeho nosnost. Konstrukčně je výložník tvořen jedním horním a dvěma spodními táhly s koncovými přípojnými oky, které jsou spojeny trubkovými vzpěrami a tvoří prostorovou příhradovou konstrukci s průřezem ve tvaru trojúhelníku (viz obrázek 1 a příloha A). Na jednom konci výložníku jsou oka jednoduchá, na druhém konci výložníku jsou oka dvojité pro jasnou a jednoduchou montáž pomocí spojovacích čepů. Podle typu jeřábu se výložníky liší hlavními připojovacími rozměry, jimiž jsou šířka (vzdálenost spodních ok táhel) a výška připojovacích ok.



Obrázek 1 – Výložník jeřábu

## 2.1 Výroba těla táhla

Těla táhel jsou tvořena svařenými rovnoramennými L profily (viz obrázek 2). Tyto L profily se v délkách 10 – 12 m sestaví ve stehovacím přípravku do celku a spojí krátkými svary (stehy). Toto sestehování se provede nejprve z jedné strany, následně se kus vyjme z přípravku, otočí a znovu upne pro stehování z druhé strany. L profily je nutno sestavit s ohledem na toleranci válcovaných profilů na stejný čtvercový rozměr  $H \times H$  z důvodu rovnoměrného svaru a také z důvodu dalšího sestavení při stehování výložníku, kdy se mezi táhla vkládají vzpěry přesné délky. Při nerovnoměrném sestavení těla táhla by následně docházelo k tomu, že vzpěry s přesnou délkou by bylo nutno upravovat, buď zkrátit zařezáním, nebo v opačném případě dělit nové vzpěry na větší rozměr.



Obrázek 2 – Průřez těla táhla

Takto sestehované díly jsou připravené ke svařování. Svařují se samostatně v přípravcích v délkách 10 – 12 m dle průřezu a rozměru profilu buď mechanizovaně metodou 135 – MAG, nebo při větších průřezích metodou 121 – APT. Při tomto svařování, kdy se svaří nejprve jedna strana a následně se díl otočí a svaří se druhá strana, vznikají velké podélné deformace patrné z obrázků 3 a 4. Po otočení je nutno tuto deformaci vyrovnat opačnou deformací tak, aby bylo možno díl opět upnout do svěráků a mohla být svařena druhá strana (viz Obrázek 4 a 5). Vyrovnání deformace pro opětovné upnutí do svěráků se provádí pomocí závaží a postupným sevřením svěráků pneumatickým

utahovákem. V tomto otáčení a přepínání vidím velkou časovou ztrátu a tento problém bude dále rozebrán v dalších kapitolách.



**Obrázek 3 – Deformace po jednostranném svaření profilu**





**Obrázek 4 – Stav po otočení svařence**



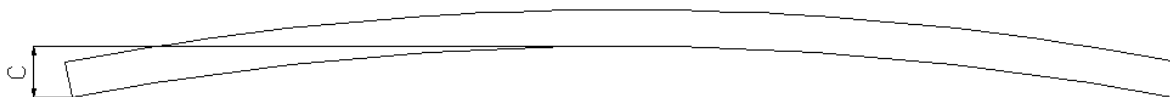
**Obrázek 5 – Vyrovnání deformace závažím**

Po svaření i protilehlého svaru se prvotní podélná deformace jednostranného svaru sníží, přesto zůstane díl zdeformován. Proto je nutné jej před dalšími operacemi vyrovnat na lise do požadované rovinnosti (viz Obrázek 6).



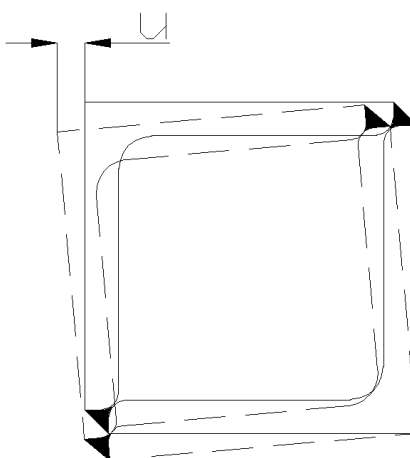
Obrázek 6 Rovnání svařence na lise

Velikost podélné deformace po svaření jedné strany těla táhla je dána výchozím rozměrem svařovaného profilu, velikostí svaru, svařovanou délkou a metodou svařování. V průměru činí jednostranná podélná deformace cca 200 – 300 mm na 12 metrů délky. Po svaření druhé strany se podélná deformace sníží na 70 – 120 mm na 12 metrů délky. To jen za předpokladu, že druhý svar je zavařen ihned po otočení dílu. V případě, že druhý svar je svařen až po vychladnutí prvního svaru, je výsledná podélná deformace až 200 mm a je nebezpečí vzniku i úhlové deformace (zkroucení). Proto je interním předpisem nařízeno, aby veškeré svářečské práce byly provedeny v takovém sledu, aby po dokončení pracovní směny byla táhla svařena oboustranně, v opačném případě nezahajovat svařovací práce. Rovnání podélné deformace, jak bylo řečeno, je provedeno na lise. Pro rovnání je interní povolená hodnota podélné deformace „C“ (viz obrázek 7) 2 mm na 2 metry délky.



**Obrázek 7 – Podélná deformace**

Úhlovou deformaci nejsme schopni mechanicky vyrovnat, ale při výše uvedeném postupu svařování je vyhovující, tzn. maximálně 3 mm na 12 metrů délky (viz obrázek 8) dle interního předpisu firmy.



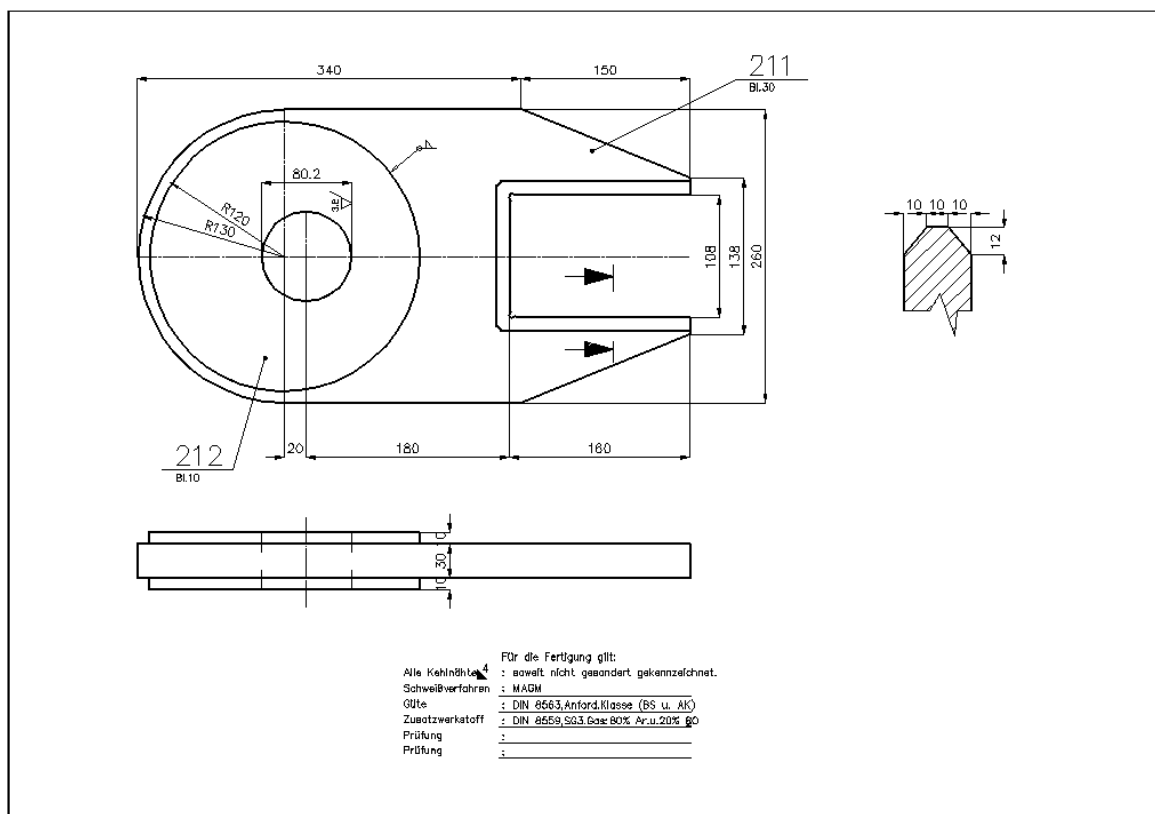
**Obrázek 8 – Úhlová deformace**

Po vyrovnání se svařenec řeže na pásové pile na požadovaný rozměr v plusové toleranci, dle jednotlivých typů táhel.

## **2.2 Výroba koncových ok**

Nosná oka na každém konci táhla jsou plechové výpalky vypálené na kyslík – acetylenovém pálicím stroji dle příslušného pálicího programu. Jednotlivé položky jsou ve formátu plechu rozmístěny tak, aby byl formát plechu maximálně využit výpalky s co nejmenšími odpady. Po vypálení se díly musí vyrovnat, zkontrolovat rozměry a pálené hrany zbavit okují a ořepů broušením. Případné zápaly a další vady způsobené pálením je nutno zavařit a zabrousit. Následně se v dílu zhotoví strojně otvor v předepsaném rozměru a toleranci (viz Obrázek 9).

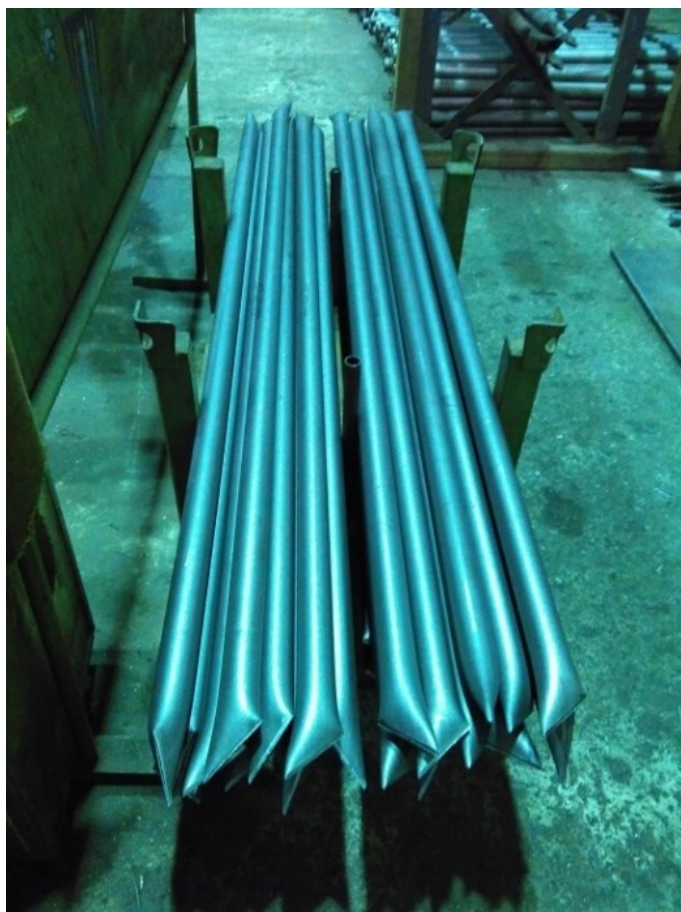




Obrázek 9 – Koncové oko

## 2.3 Výroba trubkových vzpěr

Vzpěry výložníků tvoří trubky kruhového průřezu s rozměry a připojovacími úhly dle jednotlivých typů výložníku a jejich umístěním v konstrukci výložníku (viz Obrázek 10). Konce se stříhají na speciálním střížném přípravku pomocí hydraulického lisu. Po stříhu se trubky a okolí stříhu musí kontrolovat namátkově na přítomnost trhlin. V případě výskytu trhlin je nutno trubky vyřadit, trhliny jsou jako vada vždy nepřipustné. Trubky s tloušťkou stěny 5,6mm a více je dle interního předpisu nutno v místě stříhu nejprve nahřát na teplotu (750 – 1050) °C a teprve poté stříhat ve speciálním střížném přípravku. Tím by nemělo dojít k praskání trubek a také se sníží síla potřebná ke střížení trubky.



Obrázek 10 – Trubkové vzpěry

## 2.4 Sestavení a svaření táhla

Dle typu výložníku se oka sestavují se svařenými a zařezanými profily na požadovaný rozměr pomocí stehovacího přípravku. Oka se ustaví do přípravku a aretují pomocí kalených čepů. Tělo profilu se ustaví na vymežovací podložky tak, aby leželo v ose otvorů. Oka je nutno rozměřit bočně vzhledem k táhlu. Následně se provede sestehování krátkými svary. Celý díl se odčepuje, vyjme z přípravku a je svařen ručně metodou 135 – MAG dle předepsané WPS. Po svaření se celé táhlo musí vyrovnat a kalibrovat na předepsané rozměry buď pomocí rovnání plamenem, nebo mechanicky pomocí hydraulického lisu. Příklad sestaveného táhla (viz Obrázek 11). Táhla v délce větší než 5 metrů sestavují, stehují a svařují dva svářeči najednou, každý na jednom konci táhla, aby byl ušetřen čas mezi přemísťováním jednoho pracovníka z jednoho konce na druhý. Táhla v délce menší než 5 metrů sestavuje, stehuje a svařuje jeden svářeč.



Obrázek 11 – Příklad sestavení táhla

## 2.5 Vlastní sestavení a svaření výložníku

Pro vlastní sestavení výložníku se používá univerzální stehovací přípravek s možností nastavení celkové délky a variabilní šířky a výšky pomocí příslušných adaptérů. Přípravek je tvořen základním rámem, což je rám s výškově nastavitelnými kolejnicemi přesně vyrovnané pomocí nivelačního přístroje do roviny. Na těchto kolejnicích je připevněn na jednom konci pevný rám, na druhém konci je ustaven rám posuvný. Oba rámy jsou tvořeny příhradovou konstrukcí, která má opracované dosedací plochy a otvory pro variabilní uchycení adaptérů, pro různé výškové a šířkové přestavení, které se liší pro různé typy výložníků. Do těchto adaptérů se nasunou hotová táhla a pomocí čepů se zajistí v příslušných adaptérech přípravku. Na táhla se rozměří a označí místa umístění vzpěr a výztuh pro další výrobní operace. Tím máme vytvořen hlavní obrys a tvar výložníku (viz Obrázek 12).



**Obrázek 12 – Založení táhel do přípravku**

V dalších operacích se postupně umísťují trubkové vzpěry a další výztuhy dle orýsování a položky potřebné k celkové sestavě výložníku. Trubkové vzpěry jsou různého průměru a tloušťek a musí být v konstrukci umístěny přesně dle výkresové dokumentace tak, aby při provozu přenášely předepsané zatížení. Díly se musí pečlivě sestehovat krátkými svary, aby byla konstrukce dostatečně spojena před vlastním svařováním. Veškeré díly jsou sestaveny a sestehovány s technologickými přídávky na smrštění po svaření tak, aby výsledné kontrolované rozměry byly po svaření dorovnávány s co možná nejmenším úsilím. Po sestehování výložníku je provedena kontrola sestavení, úplnosti všech položek, kontrola provedení stehových svarů a rozměrů. Tím je operace sestavení dokončena a díl je přichystán ke svařování (Obrázek 13).





Obrázek 13 – Sestavený výložník

Pro další operaci a to operaci svařování výložník přemístíme pomocí mostového jeřábu na svařovací pracoviště. Toto je vybaveno otočným polohovacím svařovacím přípravkem, do kterého se výložník vloží a přes koncová oka je zajištěn pomocí čepů do adaptérů přípravku. Svařování v otočném polohovacím přípravku se provádí z důvodu zkrácení doby svařování, jelikož se svary nemusí svařovat v polohách nepříznivých pro svářeče, jak z důvodů časových, tak z důvodu kvality provedení svarů. Tím, že se celý svařenec natáčí v průběhu svařování do polohy přístupné svářeči, jsou veškeré svary prováděny pouze v poloze PA (vodorovná shora), nebo PB (vodorovná šikmo shora) dle ČSN EN ISO 694. Svářeč tak má vždy dobrý přístup k místu svařování a výsledný svar odpovídá předepsané normě ČSN EN ISO 5817 skupiny B. Po svaření se musí veškeré svary očistit od rozstříku a oxidů. Příklad výložníku upevněného ve svařovacím přípravku (viz Obrázek 14).

Veškeré ruční svařovací operace provádějí svářeči s úřední zkouškou dle ČSN EN ISO 9606–1 (dříve ČSN EN 287–1). Každý svářeč podílející se na výrobě příslušného výložníku má raznici se svým osobním číslem, pod kterým je evidován a toto osobní číslo je vyraženo na každý výložník. Podle tohoto identifikačního čísla je v případě reklamace možno dohledat, který svářeč díl svařoval.



Obrázek 14 – Svařování výložníku v polohovacím přípravku

## 2.6 Kalibrace a kontrola výložníku

Po provedení svařčeských prací a očištění po svařování je výložník převezen na pracoviště kalibrace. Zde se zkontroluje kompletnost a provedení všech svarů. Zkontrolují se veškeré rozměry potřebné pro splnění bezchybné funkce. Kontrola připojovacích rozměrů výložníku obou konců se provádí pomocí kalibru. Kalibr je vlastně protikus kontrolované strany s přesnými rozměry. Na tyto rozměry se musí svařenec, který je zdeformován napětími vzniklými při svařování, vyrovnat pomocí rovnání plamenem. Výložník je kalibrován, pokud jej lze spojit s kalibrem pomocí čepu (viz obrázek 15). Veškeré svary jsou kontrolovány vizuálně VT dle ČSN EN ISO 17637 v rozsahu 100 %, případně magnetickou zkouškou MT dle ČSN EN ISO 17638 v rozsahu dle požadavku zákazníka.





Obrázek 15 – Kalibrace výložníku

## 2.7 Tryskání

Veškerý základní materiál vstupující do výroby je tryskán v průběžném tryskacím zařízení s metacími koly. Tím jsou z povrchu materiálu odstraněny veškeré okuje, oxidy a další nečistoty. Provádí se z důvodu vyšší kvality pálených hran při kyslík – acetylénovém pálení plechů, ale hlavně je to podmínka pro provedení kvalitního provedení svarových spojů. Tryskání se provádí za pomoci ocelového granulátu (označení S390).

Po kompletním zhotovení výložníku, po provedené kalibraci a případných opravách je nutno výložník tryskat, před konečnou povrchovou úpravou. Veškeré strojně opracované otvory a závity musí být zakryty, aby opracovaný povrch nebyl poškozen. Výložník je ustaven na manipulační vozík a přesunut do tryskacího boxu, kde je ručně tryskán ocelovou drtí, u nás je použita ocelová drť s označením G50. Tryskáním se povrch zbaví veškerých okují, oxidů a jiných nečistot z průběhu výroby a povrch je rovnoměrně zdrsňen z důvodu lepší přilnavosti nátěrových hmot (viz obrázek 16). Po tryskání jsou zakryté otvory odkryty a očištěny od tryskací drti stlačeným vzduchem. Dle potřeby se provede chemické odmaštění. Namátkově je provedena kontrola tryskání dle příslušného

kontrolního etalonu. Standardní stupeň tryskání je dle normy ČSN ISO 8501–1 proveden na hodnotu Sa 2,5, což je dle této normy charakterizováno jako velmi důkladné tryskání.



Obrázek 16 – Tryskání výložníku

## 2.8 Lakování

Před vlastním lakováním jsou veškeré závity a strojně opracované otvory chráněny pomocí plastových krytek. Výložník je opět usazen na manipulační vozík a zavezen do lakovacího boxu. Nepřístupná, nebo těžce přístupná místa jsou dopředu pomocně natřena základní barvou pomocí válečků tak, aby po nástřiku byla dodržena předepsaná tloušťka suchého filmu. Následně je proveden nástřik dvoukomponentní základní barvou na bázi epoxidové pryskyřice v tloušťce 60  $\mu\text{m}$  suchého nátěru. Následně se v lakovací kabině díl vysouší při teplotě 80 °C. Tím dojde k vytvrzení základního nátěru. Po vychladnutí je proveden finální nástřik dvoukomponentní polyuretanovou krycí barvou v tloušťce 60  $\mu\text{m}$  suchého nátěru a odstínu dle požadavku zákazníka. Standardní odstín všech jeřábových dílů je žlutý číslo 1102 dle interního předpisu (viz obrázek 17). Celková tloušťka povrchové úpravy po vytvrzení je dána interním předpisem 120  $\mu\text{m}$ .





Obrázek 17 – Nalakováný výložník

## 2.9 Finální kontrola

Po provedení lakování je u dílu změřena kontrolně tloušťka nátěru, tolerované otvory a závity jsou nakonzervovány přípravkem Dinitrol 3650 a díl je převezen na expedici. Před transportem je pro každý díl vystaven měřicí a kontrolní protokol s jednotlivými pořadovými čísly výložníků dle typů, kde jsou uvedeny příslušné připojovací kontrolované rozměry, provedení svarů, čísla svářečů, tloušťka základního a krycího nátěru z důvodů případné reklamace. Příklady kontrolních protokolů viz přílohy B a C.

### 3 Použité svařovací metody

Svařováním kovů je definováno jako nerozebíratelné spojení. To vznikne, pokud dva kovově čisté spojované povrchy přiblížíme na vzdálenost odpovídající parametru mřížky, což je u ocelí vzdálenost 0,286 nm. Toto přiblížení vzniká za působení soustředěného tepla do místa spoje, nebo za působení tlaku v místě spoje, nebo za působení obou činitelů. Při tom do místa spoje může, nebo nemusí být přiváděn přídavný materiál obdobného chemického složení.<sup>2</sup> Při svařování těl táhel jsou použity a v dalších kapitolách popsány metody 135 – MAG a 121 – APT.

#### 3.1 Předpisy pro svařování

Svařování patří mezi procesy, kdy po ukončení svařování nemůžeme zcela přesně zaručit, bez následných kontrol, že vytvořený svarový spoj je naprosto vyhovující. Z tohoto důvodu se pro jednotlivé metody svařování, typy svarů, pro jednotlivé základní a přídavné materiály vypracovávají nejprve předběžné svařovací postupy – pWPS (viz přílohy D – G). V tomto postupu jsou uvedeny veškeré informace potřebné pro vytvoření svarového spoje, počínaje tloušťkou a jakostí svařovaného materiálu, typem svarového spoje (koutový, tupý), velikostí a tvarem svarového spoje, polohou svařování, svařovacími parametry, jako jsou svařovací proud, napětí, rychlost svařování, počet svarových housenek, předehřev, interpass teplota, případné tepelné zpracování. Podle tohoto předpisu se svaří zkušební vzorky normovaných rozměrů, které jsou následně označeny, provede se vizuální kontrola svarů a vzorky jsou zaslány ke zkoušení. Ve zkušebně se svařené vzorky označí a jsou z nich vyrobeny zkušební vzorky pro mechanické zkoušky to znamená vzorky pro tahové zkoušky, pro zkoušky vrubové houževnatosti, zkoušky tvrdosti atd. Pokud veškeré vzorky vyhoví předepsaným parametrům, je zkušební organizací vystaven protokol o kvalifikaci postupu svařování WPQR a inspekční certifikát (viz přílohy H, I), který potvrzuje správnost všech svařovacích podmínek pro daný svarový spoj. Na základě tohoto certifikátu se vyhotovují svařovací postupy – WPS pro dané typy svarů v rozsahu svařovaných vzorků. Tím se snažíme docílit toho, pokud jsou dodrženy všechny postupy a parametry svařování jako při svařování zkušebních vzorků, tím je větší pravděpodobnost, že vytvořený svarový spoj bude zhotoven ve vyhovující kvalitě.<sup>3 4</sup>

## **3.2 Svařování automatem pod tavidlem metoda 121 – APT**

Podle ČSN EN ISO 4063 patří tato metoda mezi obloukové svařování s číselným označením metody 12 a následné další označení 121 – označuje použití pro drátovou elektrodu a označení 122 – použití pro páskovou elektrodu.

### **3.2.1 Charakteristika metody**

Metoda svařování elektrickým obloukem pod tavidlem byla vyvinuta za účelem zvýšeného množství odtavovaného svarového kovu. Je to způsob svařování, při kterém teplo, potřebné k roztavení přídavného i základního materiálu, vzniká elektrickým obloukem, hořícím mezi svařovacím drátem procházející vrstvou tavidla a základním materiálem. Vrstva tavidla pokrývá konec svařovacího drátu s hořícím obloukem i okolní základní materiál, takže není vidět svařovací oblouk, ani svarová lázeň. Metoda 121 – APT je především mechanizovaný svařovací proces, který má řadu výhod, ale i nevýhod.<sup>5</sup>

#### **Mezi výhody lze zařadit:**

- vysoká produktivita svařování (2 až 5x oproti svařování obalenou elektrodou),
- velký průvar do základního materiálu,
- velká proudová hustota i při tenkých svařovacích drátech,
- možnost snížení velikosti koutových svarů ve srovnání s ručním svařováním elektrickým obloukem až o 25%,
- minimální nebezpečí vzniku zápalů a porezity svarových spojů,
- malé nebezpečí studených spojů vzhledem ke stálému průvaru,
- vysoký výkon navaření,
- vysoká tepelná účinnost,
- malé tepelné ztráty,
- minimální rozstřík při svařování,
- zvýšená kvalita svarů,
- minimální tepelné zatížení okolí.<sup>5</sup>

#### **Mezi nevýhody lze zařadit:**

- zvýšené nároky na přípravu svarových ploch,
- zakrytý svařovací proces a obtížnost jeho kontroly,
- možnost svařování pouze v polohách PA a PB podle ČSN EN ISO 6947,
- vysoké náklady na svařování.<sup>5</sup>

**Obecné možnosti:**

- celkové proudové zatížení se může pohybovat v rozmezí 100 – 3600 A,
- rozsah napětí na oblouku 20 – 50 V,
- rozsah tloušťek základního materiálu 3 – 100 mm,
- rozsah svařovací rychlosti 30 – 350 cm/min,
- průměr přídavného materiálu 2,0 – 8,0 mm,
- počet drátů ve svarové lázni 1 – 6,
- výkon navaření 2 – 100 kg/h.<sup>6</sup>

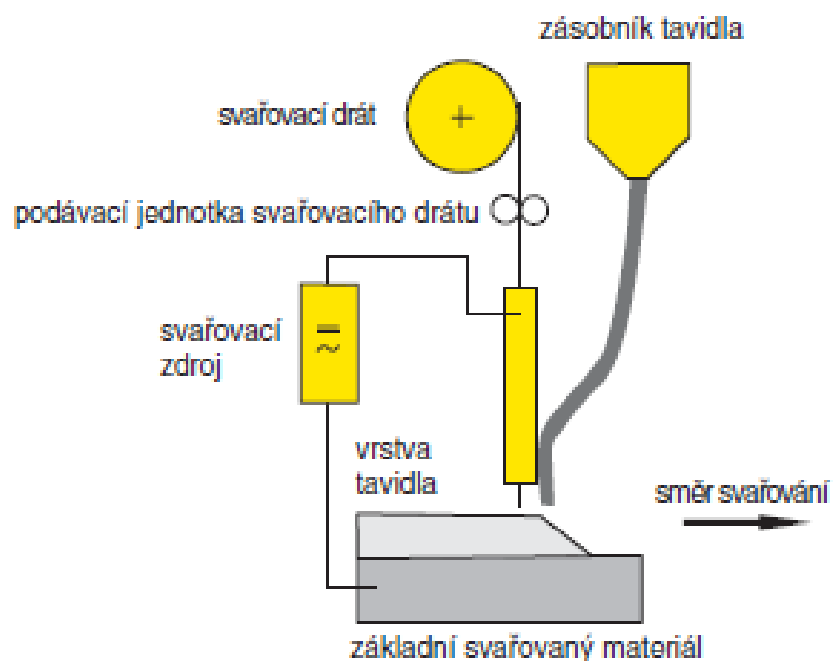
**3.2.2 Princip metody**

Jedná se v podstatě o svařování elektrickým obloukem holou elektrodou neomezené délky pod ochrannou vrstvou tavidla. Přídavným materiálem je automaticky podávaný plný svařovací drát, plněná elektroda nebo svařovací páska. Pro ochranu svarové lázně je využíváno tavidlo ve formě granulí, které se sype do svarového úkosu. Složení a funkce tavidla je zlepšovat zapálení a hoření oblouku, ochrana svarové lázně před účinky okolní atmosféry, dále tavidlo formuje svarovou lázeň, zabraňuje rychlému ochlazení svarové lázně a svaru. Kromě ochranné funkce obsahuje tavidlo prvky, kterými dolegovává svarový kov na požadované vlastnosti, popřípadě doplní vypálené prvky. Raštinová schopnost tavidla dojde k odstranění nežádoucích prvků ze svaru, zejména síry. Z roztaveného tavidla vzniká struska, která chrání tuhnoucí svarovou lázeň svaru a po vychladnutí je z povrchu odstraněna. Přebytkové neroztavené tavidlo se vysaje a použije k dalšímu svařování.<sup>6</sup>

**3.2.3 Varianty technologií svařování automatem pod tavidlem**

Metoda 121 – APT má celou řadu variant lišící se jak počtem svařovacích drátů dodávaných do svarové lázně, tak možnosti navařování pomocí pásek a podobně. Pro svařování dle našich potřeb jsou vybrány a popsány následující dvě varianty.

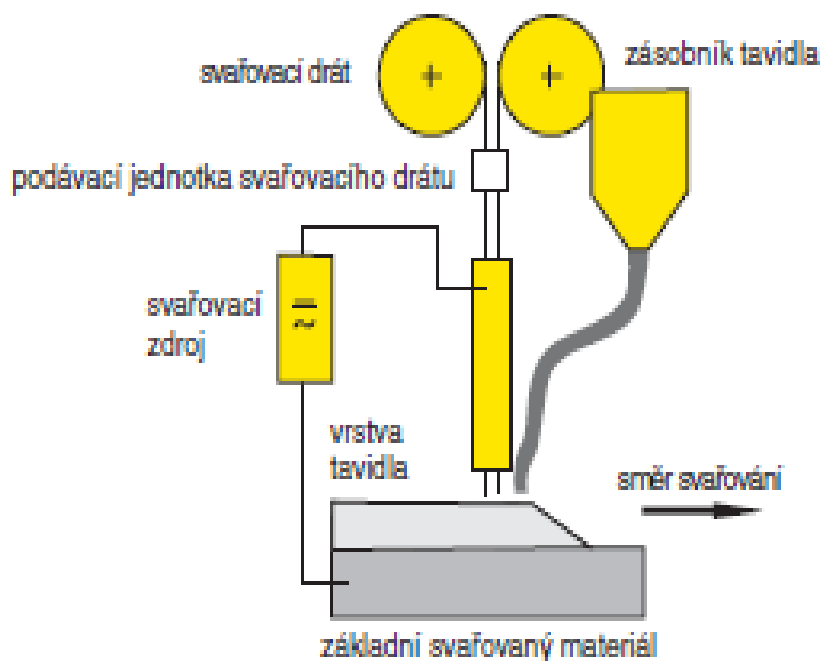
## Svařování jedním drátem (viz obrázek 18)



Obrázek 18 – Svařování jedním drátem <sup>6</sup>

- nejrozšířenější metoda svařování,
- typické používané dráty v rozmezí  $\varnothing$  2 – 4 mm,
- zapojení DC+ ,
- výlet drátu 20 – 40 mm,
- menší průměry drátů dávají při stejném svařovacím proudu vyšší výkon odtavení, vzhledem k vyšší hustotě proudu,
- při použití malých průměrů drátů dostáváme svary s hlubší penetrací a užší svarovou housenkou.<sup>6</sup>

### Svařování dvěma dráty (viz obrázek 19)



Obrázek 19 – Svařování dvěma dráty<sup>6</sup>

- napájení obou drátů jedním zdrojem,
- používají se standartní zdroje s dvojitým kladkovým podáváním a dvojitými kontaktními průvlaky, které umožňují současný posuv obou drátů,
- až o 30 % vyšší výkon odtavení, vyšší svařovací proud i rychlost oproti použití jednoho drátu,
- velmi vysoká rychlost především u koutových svarů,
- při použití plněných elektrod se výkon odtavení ještě zvyšuje.<sup>6</sup>

#### 3.2.4 Zařízení pro svařování pod tavidlem – hlavní části

Zařízení pro svařování metodou 121 – APT je tvořeno z následujících hlavních částí.

#### Svařovací traktor (viz obrázek 20)

- nese vlastní svařovací hořák, cívku s drátem a podavač, násypku na tavidlo a případně i vysavač na sběr nepoužitého tavidla a řídicí panel pro nastavení parametrů svařování,
- svařovací traktor je kabelem spojen se zdrojem svařovacího proudu.



Obrázek 20 – Svařovací traktor A2 Multitrac <sup>6]</sup>

**Parametry svařovacího traktoru A2 Multitrac firmy ESAB použitého ve firmě Progress OK, a.s.:**

Hmotnost	:	47 kg,
Svařovací rychlost	:	0,1 – 1,7 m /min,
Maximální proud	:	800 A,
Průměr drátu	:	1,6 – 4 mm. <sup>6</sup>

**Svařovací zdroj**

lze použít střídavý i stejnosměrný proud,

- vzhledem k efektivnější regulaci se více využívají zdroje se stejnosměrným proudem,
- vysoké svařovací proudy 100A – 3600 A (u vícedrátového svařování),
- svařovací zdroje s plochou voltampérovou charakteristikou,
- svařovací drát je dodáván konstantní rychlostí, změny napětí v oblouku jsou regulovány změnou svařovacího proudu zdroje,

- vhodné pro nižší svařovací proudy a menší průměry drátů,
- svařovací zdroje se strmou voltampérovou charakteristikou,
- velikost svařovacího proudu je téměř konstantní, změna napětí na oblouku reguluje rychlost podávání svařovacího drátu do oblouku.<sup>6</sup>

#### **Parametry svařovacího zdroje LAF 1000 firmy ESAB použitého ve firmě Progress OK, a.s.:**

Maximální zatížení při:

100% pracovním cyklu	:	800 A/44 V,
60% pracovním cyklu	:	1000 A/44 V,
Rozsah nastavení pro APT	:	40 A/22 V – 1000 A/45 V. <sup>6</sup>

#### **Zařízení pro manipulaci a recyklaci s tavidlem**

- vysavač s filtrem pro zachycení pevných částic strusky je nejjednodušší zařízení pro sběr nepoužitého tavidla a jeho transport zpět do zásobníku tavidla.

### **3.3 Přídavné materiály pro svařování**

Při svařování metodou 121 – APT tvoří svařovací drát a tavidlo dva samostatné celky, které je možno navzájem kombinovat tak, aby se získalo požadované chemické složení a mechanické vlastnosti svarového kovu, ale jen pro vzájemné kombinace schválené výrobcem. Na chemické složení svarového kovu a tedy i na jeho vlastnosti má především vliv použitého svařovacího drátu. Tavidlo ovlivňuje chemické složení svarového kovu tak, jak se podílí na metalurgických procesech při svařování.<sup>6</sup>

#### **3.3.1 Přídavné materiály (svařovací dráty)**

Nová norma ČSN EN ISO 14171 udává klasifikaci kombinace elektroda – tavidlo a vychází z minimální hodnoty meze kluzu čistého svarového kovu a z hodnoty jeho nárazové práce 47 J při zkušební teplotě. Klasifikace se ještě částečně liší, pokud se jedná o jednostranné vícevrstvé svařování, nebo o svařování prováděné jako oboustranné. Přídavné materiály pro svařování metodou 121 – APT mohou být ve formě plných svařovacích drátů tažených za studena, nebo ve formě plněných drátů, které jsou vyrobeny svinutím pláště z měkkého materiálu a s náplní kovovou, nebo bazickou.<sup>7</sup>



### 3.3.2 Tavidla

Tavidla jsou klasifikovaná dle ČSN EN ISO 14174. Hlavním úkolem tavidla je chránit oblouk, tavnou lázeň i tuhnoucí svarový kov před vlivem okolní atmosféry.

Další důležitá funkce tavidla je funkce elektrická s cílem zlepšení zapálení oblouku, zvýšení vodivosti a stability hoření oblouku. Funkce technologická má za úkol chránit svarovou lázeň před vlivem okolní atmosféry, snižovat rychlost chladnutí svarového kovu a ovlivňovat tvar a povrch výsledného svaru. Metalurgickou funkcí je čistit svarový kov zejména od síry a možností částečně doplnit legující prvky do svarového kovu.

Tavidla je nutno před použitím přesoušet ve speciálních sušících pecích na výrobcem předepsané teplotě v předepsaném čase v závislosti na typu tavidla z důvodu odstranění vlhkosti z tavidla a tím snížení možnosti difundování vodíku do svarového kovu, kde by mohlo následně docházet ke vzniku trhlin.<sup>8</sup>

#### Rozdělení tavidel

je možné z různých hledisek, jako je chemické složení, stupeň bazicity, nebo podle způsobu výroby viz níže na:

- **tavená** – (tavením suché směsi v peci) tavidlo není vhodné pro legování svarového kovu,
- **keramická** – (spojením práškové směsi pomocí pojiv) tavidlo je vhodné pro legování svarového kovu,
- **sintrovaná** – (spojením práškové směsi žíháním za působení tlaku) tavidlo je vhodné pro legování svarového kovu,
- **aglomerovaná** – (spojení práškové směsi žíháním) tavidlo je vhodné pro legování svarového kovu.<sup>8</sup>

## 3.4 Svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu metoda 135 – MAG

Podle ČSN EN ISO 4063 patří tato metoda mezi obloukové svařování s označením 135 – MAG. Tato metoda patří mezi nejrozšířenější metody na světě pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí.<sup>6</sup>

### 3.4.1 Charakteristika metody

Mezi hlavní důvody rozšíření metody 135 – MAG patří široký výběr přídavných materiálů pro nelegované a nízkolegované oceli a ochranných plynů, snadná možnost

mechanizace a robotizace, velký sortiment vyráběných svařovacích zařízení a především výhody uvedené metody svařování, mezi které patří:

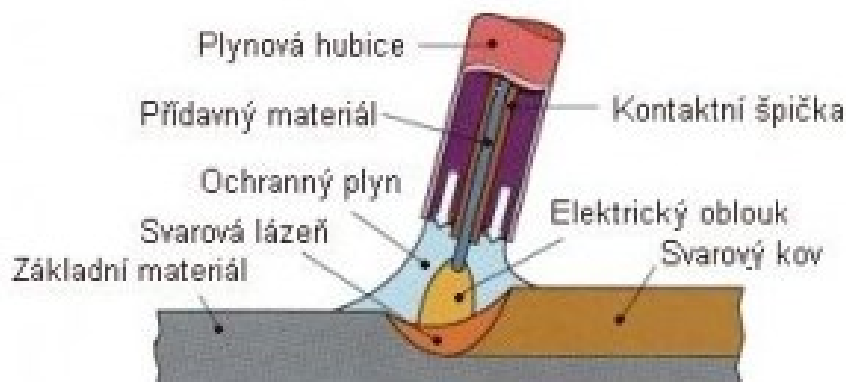
- možnost svařování materiálů od tloušťky 0,8mm,
- možnost svařování ve všech polohách,
- minimální tvorba oxidů,
- úspora přídavného materiálu (nekonečný drát) oproti svařování obalenou elektrodou,
- snadný start oblouku,
- velmi dobrý tvar a velikost profilu svaru a závaru,
- malá tepelně ovlivněná oblast, především u vysokých rychlostí svařování,
- vysoká proudová hustota,
- vysoký výkon odtavení,
- široký proudový rozsah pro jeden průměr drátu,
- viditelnost tavné lázně,
- možnost použití u mechanizovaných systémů. <sup>5</sup>

Mezi nevýhody patří:

- omezený sortiment přídavných materiálů pro svařování legovaných ocelí,
- při špatné ochraně místa svařování možnost od fouknutí ochranného plynu,
- vyšší nároky na údržbu. <sup>5</sup>

### **3.4.2 Princip metody**

Princip metody 135 – MAG (viz obrázek 21) spočívá v zapálení a hoření oblouku mezi tavící se drátovou elektrodou a svařovaným základním materiálem v ochranné atmosféře aktivního plynu. Napájení přídavného drátu elektrickým proudem je zajištěno třecím kontaktem průvlastku a svařovacího drátu v ústí hořáku a tím je dosažena minimální délka proudového zatížení svařovacího drátu. Používají se svařovací zdroje se stejnosměrným výstupem proudu. Elektroda připojená na kladný pól zdroje – nepřímá polarita, pro nejčastější použití svařování. Elektroda připojená na záporný pól – přímá polarita, se používá pro svařování plněnými dráty. Svařovací drát bývá nejčastěji navinut v 15kg cívkách a pomocí podávacích kladek přiváděn vlastním hořákem do místa svařování.



Obrázek 21 – Princip metody svařování 135

Zdroj: <https://www.schinkmann.cz/files/images/300/MiG.JPG>

### Obsahové možnosti

- použití svařovacích proudů v rozsahu od 30 A až do 800 A,
- použité přídavné dráty s rozsahem průměrů 0,6 – 1,6mm,
- použití zkratového přenosu svařového kovu u tenkých plechů,
- použití sprchového přenosu kovu pro materiály větší tloušťky,
- použití rotujícího svařovacího oblouku u vysokých svařovacích proudů,
- možnost svařování rychlostí až 150 cm/min,
- použití proudové hustoty až  $600 \text{ A/mm}^2$ .<sup>5</sup>

### 3.4.3 Zařízení pro svařování metodou 135 – MAG – hlavní části

V současné době je vyráběný velký sortiment zařízení buď jako monofunkční (pouze pro MAG svařování), nebo multifunkční, kdy je možnost s tímto zařízením svařovat i ruční obalenou elektrodou metoda 111 – MMA), nebo netavicí se elektrodou v inertním plynu (metoda 141 – WIG). Hlavními částmi jsou:

#### Svařovací zdroj

- se stejnosměrným výstupem proudu,
- usměrňovače, nebo invertory s plochou statickou charakteristikou,
- kompaktní s integrovaným podavačem drátu,
- s odděleným podavačem od výkonového zdroje s chladicí jednotkou,
- stavebnicový.<sup>5</sup>

**Parametry zdroje LAF 631 DC od firmy ESAB, používaném ve firmě  
Progress OK, a.s.:**

Maximální zatížení při:

100% pracovním cyklu	:	630 A/44 V
60% pracovním cyklu	:	800 A/44 V
Rozsah nastavení pro MAG	:	50 A/17 V – 630 A/44 V <sup>6</sup>

**Svařovací traktor**

Umožňuje pohyb svařovacího hořáku po předem určené dráze, vedení svařovacího hořáku do svařovaného místa a možnost jeho výškové a boční regulace. Je vybaven funkcemi pro nastavení rychlosti pojezdu, rychlosti podávání drátu, nastavení velikosti napětí a funkce svařování on/off. <sup>6</sup>

**Parametry svařovacího traktoru Miggytrac 1001 používaném ve firmě  
Progress OK, a.s.:**

Hmotnost	:	7 kg
Svařovací rychlost	:	150 – 1200 mm /min
Výkon	:	20 W
Řídící napětí	:	36 – 46 V AC <sup>6</sup>

**Svařovací hořák**

Zajišťuje přívod přídavného svařovacího drátu do svařovaného místa společně s ochranným plynem. Pomocí kontaktního proudového průvlastku ve špičce hořáku napájí svařovací drát svařovacím proudem. Chlazení hořáku pro nízké příkony je prováděno procházejícím ochranným plynem, hořáky pro vyšší výkony jsou chlazeny chladicí kapalinou pomocí nuceného oběhu uzavřeného chladicího okruhu. <sup>5</sup>

**Podavač drátu**

Umožňuje nepřetržité podávání přídavného svařovacího drátu z cívky bez jeho poškození, nebo deformace do hořáku. Toto je zajištěno pomocí kladkového podávacího mechanismu s jednokladkovým, dvoukladkovým, nebo čtyřkladkovým vedením, kde podávací kladky mohou mít různé typy drážek, dle podávaného drátu.

### **3.4.4 Ochranné plyny**

Prioritní funkcí ochranných plynů je zabránění přístupu okolní atmosféry do svarové lázně a jejího okolí a tím zabránit znehodnocení svarového kovu jako je oxidace, pórovitost, propal prvků. K dalším podstatným funkcím ochranných plynů patří zlepšení přenosu a tvaru oblouku, vliv na kvalitu svaru, hloubku závaru, povrchovou kresbu svaru, rychlost svařování.

Z důvodu dostupnosti a nízké pořizovací ceny se v minulosti nejčastěji používal jako aktivní ochranný plyn kysličník uhličitý CO<sub>2</sub>. Nevýhodou použití CO<sub>2</sub> je možnost zamrzání redukčního ventilu a velký rozstřík svarového kovu v průběhu svařování. Tím se zvyšují náklady na výrobu z důvodu čištění zasažených ploch. V současné době je v nabídce celá řada směsí plynů, nejčastěji oxidu uhličitého a argonu v různých obsahových poměrech, případně je možnost doplnit směs ještě o další plyn – kyslík, který zlepšuje tekutost svarové lázně. Ochranné plynové směsi jsou rozděleny podle obsahu jednotlivých plynů do skupin označených M1, M2, M3 dle ČSN EN ISO 14175 a jejich použití je ovlivněno použitím pro danou ocel, případně jiný kov.<sup>5</sup>

## **4 Charakteristika použitého základního a přídatného materiálu**

Základní i přídatný svařovací materiál výložníků je dán konstrukční rozpiskou s ohledem na pevnostní výpočty dané konstrukce a na základě volby konstruktéra. Pro dodávky materiálů je požadován inspekční certifikát třídy 3.1 dle ČSN EN 10204. V tomto certifikátu výrobce potvrzuje, že dodávaný výrobek je v souladu s požadavky objednávky a uvádí v něm výsledky zkoušek, které jsou uvedeny v předpisu pro výrobek. Tento dokument je potvrzen oprávněným zástupcem výrobce nezávislým na výrobních útvarech. Pro přídatné svařovací materiály se vydává dokument kontroly 2.2 podle stejné normy. Je to dokument, ve kterém výrobce potvrzuje, že dodaný výrobek je v souladu s požadavky objednávky a uvádí výsledky zkoušek na základě nspecifikované kontroly.<sup>9</sup>

### **4.1 Charakteristika základního materiálu**

Svařovaný materiál je nelegovaná jakostní konstrukční ocel s předepsaným chemickým složením a mechanickými vlastnostmi v jakosti S355J2+N pro plechy dle EN 10025, trubkové čtyřhranné profily dle EN 10210 v jakosti S355J0H, kruhové trubky

dle DIN 2448 v jakosti S235JRH a válcované profily dle EN 10056 v jakosti S355J2+AR. Mechanické vlastnosti a chemické složení vybraných materiálů viz tabulka 1 a 2.

**Tabulka 1 – Mechanické vlastnosti vybraných materiálů <sup>10</sup>**

<b>Materiál</b>	<b>Rm [MPa]</b>	<b>Re [Mpa]</b>	<b>A [%]</b>	<b>KV [J]/°C</b>
<b>S355J2+N</b>	470 – 630	345 – 355	22	27J/-20°C
<b>S355J2+AR</b>	470 – 630	345 – 355	22	27J/-20°C
<b>S355JOH</b>	470 – 630	315 – 355	20	27J/0°C
<b>S235JRH</b>	360 – 510	225	24	27J/+20°C

**Tabulka 2 – Chemické složení vybraných materiálů v % <sup>10</sup>**

<b>Materiál</b>	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>N</b>	<b>Al</b>	<b>Cr + Mo + Ni</b>
<b>S355J2+N</b>	max. 0,22	max. 0,55	max. 1,6	max. 0,035	max. 0,035	–	min. 0,02	max. 0,48
<b>S355JOH</b>	max. 0,22	max. 0,55	max. 1,6	max. 0,035	max. 0,035	max. 0,009	min. 0,02	–
<b>S235JRH</b>	max. 0,17	–	max. 1,4	max. 0,04	max. 0,04	max. 0,009	–	–

## **4.2 Charakteristika přídavného materiálu pro metodu 135 – MAG**

Svařovací materiál je určen výkresovou dokumentací a pro metodu 135 – MAG a pro uvedený základní materiál je navržen v jakosti G4Si1 dle ČSN EN ISO 14341 [20].

Používáme svařovací drát s označením IS 10 S od italské firmy ISAF. Jedná se o poměděný svařovací drát pro svařování nelegovaných, nebo nízkolegovaných ocelí v ochranných atmosférách. Vysoký obsah křemíku podporuje sníženou náchylnost k nečistotám na povrchu a přispívá k lepšímu povrchu svaru. Může být používán se směsí plynu Ar/20 CO<sub>2</sub> nebo v čistém CO<sub>2</sub>. Předepsaný a používaný ochranný plyn má označení M21 a jeho složení je 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> dle ČSN EN ISO 14175. Typické chemické složení a mechanické vlastnosti uvedeného přídavného materiálu viz tabulka 3 a 4. <sup>11</sup>

**Tabulka 3 Typické chemické složení drátu IS 10 S v % <sup>11</sup>**

C	Mn	Si	P	S
0,08	1,70	0,90	max.0,025	max.0,025

**Tabulka 4 Typické mechanické vlastnosti čistého svarového kovu IS 10 S <sup>11</sup>**

Re (MPa)	Rm (MPa)	A5 (%)	KV (J)/°C +20°C	KV (J)/°C -30°C
≥460	530÷680	≥20	≥100	≥80

Tento svařovací přídavný materiál je používán pro vyhovující mechanické vlastnosti a také v neposlední řadě z důvodu příznivé ceny. Pro svařování je ale možno také používat přídavné svařovací materiály stejné klasifikace od jiných certifikovaných výrobců. Jako alternativu je možno například použít:

- svařovací drát OK Autrod 12.64 od firmy ESAB

### 4.3 Charakteristika přídavného materiálu pro metodu 121 – APT

Pro tuto metodu používáme svařovací drát OK Autrod 12.20 dle ČSN EN ISO 14171 od firmy ESAB. Jedná se o poměděný drát určený pro svařování pod tavidlem a pro elektrostruskové svařování konstrukčních nelegovaných ocelí vyšších pevností, obvykle až do meze pevnosti 580 MPa, dle kombinace s tavidlem. <sup>6</sup>

**Tabulka 5 Typické chemické složení drátu OK Autrod 12.20 (%) <sup>6</sup>**

C	Si	Mn
0,10	<0,10	1,00

**Tabulka 6 Typické mechanické vlastnosti čistého svarového kovu drátu OK Autrod 12.20 v kombinaci s tavidlem OK Flux 10.71 <sup>6</sup>**

Rm (MPa)	ReL (MPa)	A <sub>5</sub> (%)	KV(J)/°C +20°C	KV(J)/°C 0°C	KV(J)/°C -20°C	KV(J)/°C -40°C
510	410	29	135	125	80	55

V kombinaci s výše uvedeným svařovacím drátem používáme tavidlo OK Flux 10.71. Jedná se o aglomerované bazické tavidlo  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{CaF}_2$  a bazicitou  $\sim 1,5$  s mírným legujícím účinkem manganu a křemíku. Je určeno převážně pro koutové a vícevrstvé tupé svary nelegovaných středně a vysocepevných ocelí. Tavidlo zaručuje nízký obsah vodíku ve svarovém kovu, max. 5 ml/100 g.<sup>6</sup>

Podobně jako u metody 135 – MAG i při svařování metodou 121 – APT je možnost použití výrobcem schválené kombinace svařovací drát + tavidlo od jiných certifikovaných výrobců. Zde je například možná varianta:

- svařovací drát OE – S2 s tavidlem OP 192 od firmy Oerlikon.

## 5 Použité kontrolní metody

V průběhu výrobního procesu se provádí kontrola jak jednotlivých položek jako jsou výpalky, odlitky, výkovky, tak podsestav či celých sestav svařenců.

Kontrolu můžeme rozdělit na tři části:

- **kontrolu před svařováním**, kdy kontrolujeme čistotu jednotlivých dílů, přípravu svarových hran, kontrola sestavení svařence,
- **kontrola v průběhu svařovacího procesu**, kdy kontrolujeme vhodné svařovací parametry, vhodný a předepsaný přídavný materiál, množství ochranného plynu, předehřev,
- **kontrola po svařování**, kdy kontrolujeme kompletnost a kvalitu provedení svarů, kontrolu tvaru a rozměrů. Kontrolu svarových spojů je možno provádět až po uplynutí předepsaného časového úseku. Tento časový úsek je dán normou ČSN EN 1090–2 a je závislý na velikosti svaru, vneseném teple při svařování  $Q$  (v kJ/mm) a jakosti svařovaného materiálu.

Jedná se o nedestruktivní zkoušení (dále NDT), které se provádí bez jakéhokoli porušení či poškození povrchu zkoušeného materiálu. Pomocí NDT můžeme zkoušet vady povrchové, nebo vady vnitřní.

Pro zjišťování povrchových vad jsou používány v našich podmínkách metody:

- vizuální (VT)
- magnetické práškové (MT)



## 5.1 Vizuální kontrola svarů – VT

Při provádění svařovacích prací v naší firmě se veškeré svary kontrolují vizuálně (VT) dle ČSN EN ISO 17637 v rozsahu 100%. Kontroluje se čistota svarových spojů od rozstříku, oxidů a okují, jako i nejbližší okolí svaru, tedy jen povrchové a pouhým okem, nebo lupou s maximálním zvětšením 3 až 6x viditelné vady při dostatečném denním osvětlení, nebo při osvětlení umělým bílým světlem o intenzitě minimálně 500 luxů. Svary nesmí vykazovat nepřipustné vady, jako jsou trhliny, póry, vruby, zápaly, studené spoje. Kontroluje se napojení svarů, skladba svarů při vícevrstevném svařování kvalita povrchu krycí vrstvy svaru, rovnoměrnost svaru. U svarů, kde je požadován opracovaný přechod do základního materiálu se kontroluje správné vybroušení přechodů svarů a napojení do základního materiálu, které musí být bez podbroušení do základního materiálu a výše uvedených vad.

## 5.2 Magnetická kontrola svarů – MT

U některých nosných svarů je zákazníkem požadována magnetická kontrola svaru (MT) dle ČSN EN ISO 17638. Touto metodou jsou zjistitelné vady povrchové, nebo vady v těsné blízkosti povrchu svaru. Při použití této metody je možno zkoušet pouze feromagnetické materiály. Metoda je založena na změně vlastností magnetických materiálů v místě vad, nebo jiných nespojitostí. Zde dochází ke zvýšení magnetického odporu, který způsobí deformaci magnetického pole. Použití metody spočívá v rozptýlení magnetického suchého prášku, nebo magnetického prášku ve vhodné kapalině ve zkoušené oblasti, která musí být řádně očištěna, zbavená rzi a okují bez ostrých rýh a bez konzervačních přípravků. Zmagnetování prášku musí být provedeno tak, aby magnetické pole směřovalo kolmo na předpokládanou vadu. Tam se v místě vady vytvoří shluk prášku a tím se detekuje vada.

Podle způsobu se magnetování dělí na:

- **pólové (podélné)** – provádí se pomocí magnetického jha. Zkoušený předmět je umístěn mezi póly jha a magnetické pole prochází podélně od jednoho pólu k druhému a tím jsou detekovány vady příčné.
- **proudové (příčné, cirkulární)** – patří sem magnetování průchodem proudu zkoušeným předmětem, magnetování pomocným vodičem a magnetování proudem buzeným indukcí. Kontrolují se vady podélné.
- **kombinované** – kontrola vad podélných i příčných.

Vlastní indikace případných zjištěných vad se hodnotí vizuálně současně s nanášením magnetického prášku při magnetování. Tato metoda umožňuje zjistit trhliny o šířce 0,001mm a hloubce 0,01mm.<sup>5</sup>

## 6 Hodnocení svarů

Pro tavné svařování jsou veškeré svary popsány a rozříděny normou ČSN EN ISO 6520–1. Zatřídění vad svarů je provedeno do šesti základních skupin:

**Skupina 1** – Trhliny

**Skupina 2** – Dutiny

**Skupina 3** – Vměstky

**Skupina 4** – Vady ve spojení

**Skupina 5** – Vady tvaru

**Skupina 6** – Ostatní vady

Každá vada má své číselné třímístné označení (např. 201 – plynová dutina) pro základní vadu, nebo čtyřmístné pro podtříděnou vadu (např. 2013 – shluk dutin). Vady se hodnotí samostatně na celém svaru. Jako určující se udává délka jedné nebo několika vad na délce 100 mm délky svaru a podle toho se dělí na:

**vady krátké** – vada nebo vady s délkou menší než 25 mm na 100 mm délky svaru, nebo s naměřenou délkou vady do 25% celkové délky svaru kratšího než 100mm.

**vady dlouhé** – vada nebo vady s délkou větší než 25 mm na 100 mm délky svaru, nebo s naměřenou délkou vady nad 25% celkové délky svaru kratšího než 100 mm.

Vady s ohledem na přípustnost ve výrobku určuje norma ČSN EN ISO 5817 podle tří klasifikačních stupňů:

**D – nízký stupeň jakosti**

**C – střední stupeň jakosti**

**B – vysoký stupeň jakosti**

Klasifikační stupeň a tím přípustnost vad určuje konstruktér s ohledem na typ a účel použití konstrukce. Při výrobě ji ovlivňuje svařovací inženýr, nebo technolog zajišťující výrobu. Vady se hodnotí podle skutečně naměřených hodnot zjištěných jednou, nebo i více zkušebními metodami. Některé vady nejsou přípustné pro svou nebezpečnost v žádném stupni jakosti – například trhliny. Jiné vady jsou přípustné v určitém rozsahu pro některé, nebo všechny skupiny. To, zda výrobek, respektive svar vyhovuje, zjišťuje

a vyhodnocuje pracovník nedestruktivní kontroly pomocí příslušných metod. Pro výrobu výložníků je zákazníkem, respektive konstruktérem ve výkresové dokumentaci předepsaný klasifikační stupeň B dle ČSN EN ISO 5817.

## **7 Parametry mechanizovaného svařování těl táhel**

Pro svařování metod 135 – MAG a 121 – APT budou v dalších kapitolách uvedeny konkrétní svařovací parametry použité při výrobě táhel. Pro každou metodu budou v dalších kapitolách uvedeny svařovací parametry pro svařování rovnoramenných L profilů o rozměrech L 100x10 a L 120x15 v délce 12 metrů.

### **7.1 Svařovací parametry pro metodu 135**

#### **Profil L 100x10**

Svařovací parametry pro mechanizované svařování viz příloha D – pWPS číslo PRO 2015–07:

Průměr přídatného materiálu	: 1,2 mm
Svařovací proud	: 270 – 290 A
Napětí	: 30 – 32 V
Polarita	: DC/+
Postupová rychlost	: 35 – 40 cm/min
Průtoková rychlost ochranného plynu	: 15 – 17 l/min

Při svařování sestaveného kusu v délce 12 metrů trvá upnutí do svěráku a příprava svařovacího automatu cca 20 minut. Vlastní svaření jedné strany cca 40 minut. Odepnutí, otočení dílu a opětovné upnutí s pomocí závaží pro eliminaci deformace cca 30 minut. Dovaření druhé strany opět cca 40 minut. Odepnutí dílu ze svěráků a odložení cca 10 minut.

#### **Profil L 120x15**

Materiál s touto tloušťkou se svařuje na dvě vrstvy. Svařovací parametry pro mechanizované svařování viz příloha E – pWPS číslo PRO 2015–06:

Průměr přídatného materiálu	: 1,2 mm
Svařovací proud pro 1. vrstvu	: 300 – 320 A
Napětí pro 1. vrstvu	: 33 – 35 V
Polarita	: DC/+

Postupová rychlost pro 1. vrstvu	: 40 – 45 cm/min
Svařovací proud pro 2. vrstvu	: 300 – 320 A
Napětí pro 2. vrstvu	: 35 – 37 V
Polarita	: DC/+
Postupová rychlost pro 2. vrstvu	: 18 – 23 cm/min
Průtoková rychlost ochranného plynu	: 15 – 17 l/min

Při svařování sestaveného kusu v délce 12 metrů trvá upnutí do svěráku a příprava svařovacího automatu cca 20 minut. Vlastní svaření jedné strany na dvě vrstvy cca 160 minut. Odepnutí, otočení dílu a opětovné upnutí s pomocí závaží pro eliminaci deformace cca 30 minut. Dovaření druhé strany opět cca 160 minut. Odepnutí dílu ze svěráků a odložení cca 10 minut.

## **7.2 Svařovací parametry pro metodu 121**

### **Profil L 100x10**

Svařovací parametry pro mechanizované svařování viz příloha F – pWPS číslo PRO 2015–04:

Průměr přídavného materiálu	: 3 mm
Svařovací proud	: 365 – 390 A
Napětí	: 31 – 33 V
Polarita	: DC/+
Postupová rychlost	: 44 – 46 cm/min
Teplota přesoušení tavidla	: 300 ± 25 °C/2 – 4 h

Při svařování sestaveného kusu v délce 12 metrů trvá upnutí do svěráku a přípravné práce s obsluhou svařovacího automatu cca 30 minut. Vlastní svaření jedné strany cca 27 minut. Odepnutí, otočení dílu a opětovné upnutí s pomocí závaží pro eliminaci deformace cca 40 minut. Dovaření druhé strany opět cca 27 minut. Odepnutí dílu ze svěráků a odložení cca 10 minut.

### **Profil L 120x15**

Svařovací parametry pro mechanizované svařování viz příloha G – WPS číslo PRO 2015–01:

Průměr přídavného materiálu	: 4 mm
-----------------------------	--------

Svařovací proud	: 495 – 515 A
Napětí	: 28 – 30 V
Polarita	: DC/+
Postupová rychlost	: 30 – 35 cm/min
Teplota přesoušení tavidla	: 300 ± 25 °C/2 – 4 h

Při svařování sestaveného kusu v délce 12 metrů trvá upnutí do svěráku a přípravné práce s obsluhou svařovacího automatu cca 30 minut. Vlastní svaření jedné strany cca 50 minut. Odepnutí, otočení dílu a opětovné upnutí s pomocí závaží pro eliminaci deformace cca 40 minut. Dovaření druhé strany opět cca 50 minut. Odepnutí dílu ze svěráků a odložení cca 10 minut.

## 8 Porovnání parametrů svařování těl táhel jednotlivými metodami

Jednotlivá porovnání hledisek svařování táhel jsou pro vybrané rozměry profilů a použitou svařovací metodu seříděna do tabulek. V tabulce 7 je uvedeno porovnání svařování profilu L 100x10 a L 120x15 svařenými metodami 135 – MAG a 121 – APT pouze z hlediska rychlosti svařování, bez zohlednění manipulačních časů potřebných pro upnutí a odepnutí táhla do svěráků svařovacího stolu, otočení a stlačení svařence pro svaření druhé strany, manipulace s tavidlem atd.

**Tabulka 7 – Porovnání rychlosti svařování profilů bez času pro manipulaci**

Svařovaný profil	Metoda svařování	Počet vrstev celkem	Celkový čas svařování [min.]
L 100x10–12m	135 – MAG	2	80
L 100x10–12m	121 – APT	2	54
L 120x15–12m	135 – MAG	4	320
L 120x15–12m	121 – APT	2	100

V tabulce 8 je porovnání včetně zohlednění přípravných a manipulačních časů potřebných pro svaření táhla.

**Tabulka 8 – Porovnání celkových časů výroby metodami 121–APT a 135–MAG**

Svařovaný profil	Metoda svařování	Celkový čas výroby těla táhla, včetně manipulačních časů [min.]
L 100x10–12m	135–MAG	140
L 100x10–12m	121–APT	134
L 120x15–12m	135–MAG	380
L 120x15–12m	121–APT	180

V tabulce 9 je provedeno porovnání svaření táhel z pohledu cenových nákladů na přídatný svařovací materiál přepočítaný na metr svaru. K výpočtu byly použity ceny přídatného svařovacího materiálu viz níže a spotřeba svařovacího materiálu pro daný svarový spoj dle interních normativů:

rohový spoj velikost 7 mm (L 120x15)	0,21 kg/m
rohový spoj velikost 5 mm (L 100x10)	0,15 kg/m
tavidlo pro spoj velikost 7 mm	0,30 kg/m
tavidlo pro spoj velikost 5 mm	0,20 kg/m
cena svař. drátu ISAF IS 10 S	37,00 Kč/kg
cena svař. drátu OK Autrod 12.20 ø3mm	77,50 Kč/kg
cena svař. drátu OK Autrod 12.20 ø4mm	65,50 Kč/kg
cena tavidla OK Flux 10.71	59,50 Kč/kg
cena plynu M21	0,15 Kč/l

**Příklad výpočtu pro L120x15 a metodu 121 – APT pro 1 metr svaru:**

svařovací drát :  $0,21 \cdot 65,50 = 13,80$  Kč  
 tavidlo :  $0,30 \cdot 59,50 = 17,90$  Kč  
 Celkem : 31,70 Kč/metr svaru

Pro celé táhlo je to  $24 \text{ m} \cdot 31,70 \text{ Kč/m} = 760,80 \text{ Kč}$

**Tabulka 9 – Porovnání nákladů na svařovací materiál pro metody 121–APT a 135–MAG**

Svařovaný profil	Metoda svařování	Náklady na metr svaru [Kč/m]	Náklady na svařovací materiál celkem [Kč]
L 100x10–12m	135–MAG	11,20	268,80
L 100x10–12m	121–APT	23,50	564,00
L 120x15–12m	135–MAG	18,80	451,20
L 120x15–12m	121–APT	31,70	760,80

V tabulce 10 je provedeno souhrnné porovnání nákladů na svaření profilů L 100x10 a L 120x15 oběma metodami se zahrnutím všech získaných poznatků. Pro výpočet pracnosti bylo počítáno se sazbou 500,00 Kč/h.

**Příklad výpočtu pro profil L120x15, metodu 121 –APT:**

Náklady na svařovací materiál	: 760,80 Kč
Manipulace 80 min. = 1,33 hodin · 500 Kč/h	: 665,00 Kč
Svařování 100 min. = 1,67 hodin · 500 Kč/h	: 835,00 Kč
Náklady celkem na svaření táhla	: 2260,80 Kč
Z toho cena na 1 metr táhla 2260,80 Kč : 24 m	: 94,20 Kč/m

**Tabulka 10 – Celkové porovnání nákladů na svařování metodami 121–APT a 135–MAG**

Svařovaný profil	Metoda svařování	Náklady na metr svaru [Kč/m]	Náklady na svařování celkem [Kč]
L 100x10–12m	135–MAG	59,80	1435,50
L 100x10–12m	121–APT	70,00	1680,70
L 120x15–12m	135–MAG	150,80	3617,90
L 120x15–12m	121–APT	94,20	2260,80

## 9 Závěr

Ve své bakalářské práci byl popsán postup výroby výložníku stavebního jeřábu od výroby jednotlivých položek, přes sestavení jednotlivých podsestav, sestavení celku, jeho svaření, kalibraci a povrchovou úpravu. Byly představeny použité základní materiály potřebné k výrobě výložníku, popsány jejich hlavní mechanické vlastnosti a chemické složení. Dále byly představeny používané metody svařování v průběhu výroby, popsány jejich hlavní principy, výhody a nevýhody jejich použití v pracovním procesu. Pro jednotlivé svařovací metody byly dále představeny používané přídavné svařovací materiály a ochranné plyny a jejich možné náhradní alternativy.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo hledání možných úspor jak časových, tak finančních při stávající výrobě výložníků. Zaměřil jsem se na výrobu těl táhel a jejich svařování, kde je možnost porovnání použití svařování dvou mechanizovaných metod. Byly vybrány a porovnány dva druhy profilů svařených táhel a jejich porovnání při svařování dvěma vybranými metodami. První porovnání se týkalo pouze vlastní rychlosti svařování (viz tabulka 7). Následně byly porovnány pro stejné podmínky spolu se svařováním i časy potřebné k manipulaci při upínání svařenců, obsluhy při svařování atd. Tyto porovnání jsou uvedeny v tabulce 8. Porovnání z pohledu nákladů na přídavný svařovací materiál bylo přepočteno na jeden metr svaru a porovnání je uvedeno v tabulce 9. Celkové srovnání, kde jsou zohledněny všechny výše uvedené poznatky je uvedeno v tabulce 10.

Z výsledků porovnání jsou patrné následující závěry:

Z pohledu rychlosti svařování je nevýhodněji metoda 121 – APT. Toto porovnání je patrnější s rostoucí tloušťkou svařovaného materiálu. Tam kde je možnost svařovat metodou 121 – APT větší tloušťky na jednu vrstvu (z možnosti použití většího průměru svařovacího drátu), tam je u metody 135 – MAG nutno svařovat na více vrstev.

Porovnáním svařování z pohledu manipulačních časů vychází výsledný čas pro profil L 100x10 srovnatelný pro obě metody. Je to dáno delšími manipulačními a obslužnými časy pro metodu 121 – APT. U větších svařovaných tloušťek je ale opět viditelná výhoda pro metodu 121 – APT z důvodu kratších svařovacích časů pro jednu vrstvu svařování.

Srovnání obou metod z pohledu nákladů na přídavné svařovací materiály přepočítaných na metr svaru je výrazně příznivější pro metodu 135 – MAG.

Z toho je zřejmé, že hlavní použití a využití metody 121 – APT je pro svařování větších tloušťek, kde se eliminuje cena za metr svaru z pohledu ceny přídavného materiálu



rychlostí svařování. Svary jednovrstvé je cenově výhodnější provádět metodou 135 – MAG.

Z pohledu manipulačních časů je patrné, že velká část přípravných časů je věnována manipulaci svařence při jeho nutnosti odepnutí, vyjmutí a opětovném upnutí pro svařování druhého svaru. Pro snížení těchto manipulačních časů jsem předběžně navrhl otočný rám (viz příloha J), do kterého bude táhlo vloženo a upnuto. Bude svařen první svar, pro svaření opačného svaru se pouze otočí celý pomocný rám, bez pracného odepínání a opětovného upínání táhla. Tento otočný rám by mohl být použit nejen pro svařování, ale i pro stehování táhel. Vzhledem k měsíční produkci takto konstrukčně navržených výložníků by se jednalo o cca 70 výložníků měsíčně, to znamená 210 děl táhel měsíčně. Při předběžné úspoře 20 minut na jeden svařenec to odpovídá průměrně 70 ušetřeným hodinám při mechanizovaném svařování. Při sazbě 500 Kč/h je tato úspora 35.000 Kč/měsíc.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Vladislavu Ochodkovi za cenné rady a připomínky týkající se vypracování bakalářské práce.

Zvláštní poděkování patří mé ženě a synovi za trpělivost a pomoc při vytváření příznivých podmínek při studiu.

## 10 Seznam použité literatury

1. <http://www.progress-ok.cz/>
2. KOUKAL, Jaroslav a Tomáš ZMYDLENÝ. *Svařování I*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0870-6.
3. ČSN EN 15614-1: *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Zkouška postupu svařování – Část 1: Obloukové a plamenové svařování ocelí a obloukové svařování niklu a slitin niklu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
4. ČSN EN ISO 15609-1: *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Stanovení postupu svařování – Část 1: Obloukové svařování*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
5. Oldřich AMBROŽ, Bohumil KANDUS a Jaroslav KUBÍČEK. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.
6. <http://www.esab.cz/>
7. ČSN EN ISO 14171: *Svařovací materiály – Drátové elektrody, plněné elektrody a kombinace elektroda – tavidlo pro svařování pod tavidlem nelegovaných a jemnozrnných ocelí – Klasifikace*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
8. ČSN EN ISO 14174: *Svařovací materiály – Tavidla pro obloukové svařování pod tavidlem a elektrostruskové svařování – Klasifikace*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
9. ČSN EN 10204: *Kovové výrobky Druhy dokumentů kontroly*. VÚHŽ, a. s. Dobrá, 1994.
10. Ivan Fürbacher, *Lexikon ocelí* Praha: Verlag Dashöfer, nakladatelství, spol. s r.o. 2015.
11. <http://www.isaf.it/en/img/ISAF-al>.

## **11 Seznam příloh**

Příloha A – Výkres výložníku

Příloha B – Kontrolní protokol

Příloha C – Kontrolní protokol

Příloha D – pWPS číslo PRO 2015 – 07

Příloha E – pWPS číslo PRO 2015 – 06

Příloha F – pWPS číslo PRO 2015 – 04

Příloha G – pWPS číslo PRO 2015 – 01

Příloha H – Inspekční certifikát pro metodu 121 – APT

Příloha I – Inspekční certifikát pro metodu 135 – MAG

Příloha J – Návrh otočného svařovacího přípravku